

## Piezocontrol valve for controlling fuel injection via an injection valve in internal combustion engines

**Publication number:** DE3742241

**Publication date:** 1988-08-25

**Inventor:** SCHWERDT PAUL (DE); KIRSCHENHOFER KARL  
DIPL ING (DE)

**Applicant:** DAIMLER BENZ AG (DE)

**Classification:**

- **international:** *F02M51/06; F02M57/02; F02M59/36; F02M59/46;*  
*F02M63/00; F02M51/06; F02M57/00; F02M59/00;*  
**F02M59/20;** *F02M63/00; (IPC1-7): F02M51/06;*  
*F02M57/02; F16K31/02*

- **europen:** F02M51/06A; F02M57/02; F02M59/36D; F02M59/46E2

**Application number:** DE19873742241 19871212

**Priority number(s):** DE19873742241 19871212; DE19873704741 19870214

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE3742241

A piezocontrol valve, in particular for controlling fuel injection by means of an injection valve is described, which consists of a piezoactuator which is arranged in a housing and a valve. By means of a hydraulic play compensating element within the control valve, on the one hand, possible changes in length of the reference system are automatically compensated as a result of piezoceramic creep processes in the piezoactuator so that with the same working stroke of the piezoactuator an identical stroke at the valve is also always ensured. In addition, by means of hydraulic stroke transmission within the control valve, on the other hand, a valve stroke which corresponds to a multiple of the working stroke is achieved.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 3742241 A1

⑯ Int. Cl. 4:  
**F02M 51/06**  
F 02 M 57/02  
F 16 K 31/02

⑯ Aktenzeichen: P 37 42 241.3  
⑯ Anmeldetag: 12. 12. 87  
⑯ Offenlegungstag: 25. 8. 88

DE 3742241 A1

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯  
14.02.87 DE 37 04 741.8

⑯ Anmelder:  
Daimler-Benz AG, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Schwerdt, Paul, 7290 Freudenstadt, DE;  
Kirschenhofer, Karl, Dipl.-Ing., 7900 Ulm, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Piezosteuerventil zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung über ein Einspritzventil bei Brennkraftmaschinen

Es wird ein Piezosteuerventil, insbesondere zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung über ein Einspritzventil beschrieben, welches aus einem in einem Gehäuse angeordneten Piezostellglied und einem Ventil besteht. Durch ein hydraulisches Spielausgleichselement innerhalb des Steuerventils einerseits werden als Folge von piezokeramischen Setzvorgängen im Piezostellglied mögliche Längenänderungen des Bzugssystems automatisch ausgeglichen, so daß bei gleichem Arbeitshub des Piezostellgliedes auch stets ein gleicher Hub am Ventil gewährleistet ist und wobei ferner durch eine hydraulische Hubübersetzung innerhalb des Steuerventils andererseits ein einem Vielfachen des Arbeitshubes entsprechender Ventilhub erzielt wird.

## Patentansprüche

1. Piezosteuerventil zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung über ein Einspritzventil bei Brennkraftmaschinen, bestehend aus achsgleich in einem Gehäuse angeordnetem Piezostellglied und — einen Fluidkanal des Gehäuses verbindenden — Ventil, welches einen Ventilsitz und einen von einer Ventilfeder beaufschlagten Ventilkörper aufweist, welcher über einen in einer Bohrung einer im Gehäuse fest angeordneten Führungshülse verschiebar geführten Ventilkolben mit einem vom Piezostellglied bewegbaren Stößelzylinder über ein in einer zwischen den beiden gebildeten Kammer befindliches Fluid zusammenwirkt, wobei eine Stirnfläche des Ventilkolbens zwecks einer Hubübersetzung kleiner ausgebildet ist als eine Stirnfläche des Stößelzylinders, und sowohl das Piezostellglied als auch der Ventilkörper sich in dieselbe Richtung bewegen, dadurch gekennzeichnet,

daß in dem Gehäuse (1), achsgleich mit dem Piezostellglied (4) und dem Ventilkörper (3.1) und zwischen diesen des weiteren ein hydraulisches Spielausgleichselement (6) angeordnet ist, bestehend aus dem in einer weiteren Bohrung (5.2) der Führungshülse (5) verschiebar geführten und mit einer axial verlaufenden Durchgangsbohrung (6.2.1, 6.2.2) versehenen Stößelzylinder (6.2), wobei in der durch das untere Ende des Stößelzylinders (6.2) den unteren Teil der Bohrung (5.2) und die Stirnfläche (6.1.1) des in der sich an die Bohrung (5.2) anschließenden Bohrung (5.4) der Führungshülse (5) verschiebar geführten Ventilkolbens (6.1) gebildeten und mit Kraftstoff gefüllten Kammer (6.3) ferner eine sich einerseits am Boden der Bohrung (5.2) und andererseits über einen Federkorb (8.1) am unteren Ende des Stößelzylinders (6.2) abstützende Druckfeder (7) und innerhalb des Federkorbes (8.1) eine über eine Druckfeder (8) die Bohrung (6.2.2) verschließende Ventilkugel (9) angeordnet sind und die Kammer (6.3) über einen Spalt (6.5) zwischen der Führungshülse (5) und dem Stößelzylinder (6.2) und eine Bohrung (6.2.3) mit der ebenfalls mit Kraftstoff füllbaren Durchgangsbohrung (6.2.1, 6.2.2) verbunden ist und wobei der Stößelzylinder (6.2) an einer mit Nuten (4.2.2) versehenen Stirnfläche (4.2.1) eines Stößels (4.2) des Piezostellgliedes (4) und der Ventilkolben (6.1) am Ventilkörper (3.1) auf Anlage liegt (Fig. 2).

2. Piezosteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz (3.2) des Ventilkörpers (3.1) unter Bildung eines Spaltes (3.4) zwischen denselben am Gehäuse (1) im Bereich des Fluidkanals (1.5) ausgebildet ist, wobei bei erregtem Piezostellglied (4) der Ventilkörper (3.1) den Spalt (3.4) schließt und die Verbindung zwischen dem Rücklauf-Fluidkanal (1.7) und dem Fluidkanal (1.5) zum Druckaufbau in demselben unterbricht.

3. Piezosteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrung (6.2.2) einen wesentlich kleineren Durchmesser und eine kleinere Länge aufweist als die Bohrung (6.2.1) des Stößelzylinders (6.2).

4. Piezosteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckfeder (8) eine wesentlich weichere Federcharakteristik aufweist als die Druckfeder (7).

5. Piezosteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrung (6.2.3) im oberen Teil des Stößelzylinders (6.2), jedoch noch innerhalb des Führungsbereiches in der Führungshülse (5) in die Bohrung (6.2.1) mündet.

6. Piezosteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Führungshülse (5) den Fluidkanal (1.5) über den Spalt (3.4) mit dem Rücklauf-Fluidkanal (1.7) verbindende Kanäle (5.3) ausgebildet sind.

7. Piezosteuerventil zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung über ein Einspritzventil bei Brennkraftmaschinen, bestehend aus achsgleich in einem Gehäuse angeordnetem Piezostellglied und — einen Fluidkanal des Gehäuses verbindenden — Ventil, welches einen Ventilsitz und einen von einer Ventilfeder beaufschlagten Ventilkörper aufweist welcher über einen in einer Bohrung einer im Gehäuse fest angeordneten Führungshülse verschiebar geführten Ventilkolben mit einem vom Piezostellglied bewegbaren Stößelzylinder über ein in einer zwischen den beiden gebildeten Kammer befindliches Fluid zusammenwirkt, wobei eine Stirnfläche des Ventilkolbens zwecks einer Hubübersetzung kleiner ausgebildet ist als eine Stirnfläche des Stößelzylinders, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Gehäuse (1), achsgleich mit dem Piezostellglied (4) und dem sich zu diesem in inverser Richtung bewegenden Ventilkörper (3.1) und zwischen diesen des weiteren ein hydraulisches Spielausgleichselement (6) angeordnet ist, bestehend aus dem in einer weiteren Bohrung (5.2) der Führungshülse (5) verschiebar geführten und mit einer axial verlaufenden Bohrung (6.2.1) versehenen Stößelzylinder (6.2), wobei die durch die untere kreisringförmig ausgebildete Stirnfläche (6.2.4) des Stößelzylinders (6.2), den unteren Teil der Bohrung (5.2) und die kreisringförmig ausgebildete Stirnbundfläche (6.1.1) des ferner in der Bohrung (6.2.1) axial verschiebar geführten Ventilkolbens (6.1) gebildete und mit Öl gefüllte Kammer (6.3) von einer durch die Bohrung (6.2.1) und den in dieser geführten Ventilkolben (6.1) gebildeten, ebenfalls mit Öl gefüllten weiteren Kammer (6.6) durch eine durch eine Druckfeder (8) belastete Ventilkugel (9) — welche im Ventilkolben (6.1) angeordnet sind — getrennt und über einen Spalt (6.5) zwischen dem Ventilkolben (6.1) und dem Stößelzylinder (6.2) verbunden ist, wobei in der Kammer (6.6) die sich einerseits am Boden (6.2.1.1) der Bohrung (6.2.1) und andererseits am Ventilkolben (6.1) abstützende Ventilfeder (3.3) angeordnet ist, welche den Stößelzylinder (6.2) an einer Stirnfläche (4.2.1) eines Stößels (4.2) des Piezostellgliedes (4) auf Anlage und über den Ventilkolben (6.1) den Ventilkörper (3.1) gegenüber dem Ventilsitz (3.2) in Ruhelage hält (Fig. 3 und 4).

8. Piezosteuerventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz (3.2) des mit dem Ventilkolben (6.1) verbundenen Ventilkörpers (3.1) unter Bildung eines Spaltes (3.4) zwischen denselben am Gehäuse (1) im Bereich des Fluidkanals (1.5) ausgebildet ist, wobei bei erregtem Piezostellglied (4) der Ventilkörper (3.1) den Spalt (3.4) öffnet und die Verbindung zwischen dem Fluidkanal (1.5) und einer Einspritzbohrung (1.9) herstellt (Fig. 3).

9. Piezosteuerventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Stößelzylinder

(6.2) und der Führungshülse (5) im Bereich der Bohrung (5.2) und zwischen dem Ventilkolben (6.1) und der Führungshülse (5) im Bereich der Bohrung (5.4) weitere Spalte (6.5) ausgebildet sind.

10. Piezosteuerventil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Führungshülse (5) die Kammer (6.6, 6.6.1) mit einer Kammer (6.6.2) – in welche der Spalt (6.5) zwischen dem Ventilkolben (6.1) und der Führungshülse (5) mündet – verbindende Kanäle (5.3) ausgebildet sind.

11. Piezosteuerventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilkugel (9) von der Druckfeder (8) in Richtung (4.4) der Kammer (6.6) auf einen im Ventilkolben (6.1) ausgebildeten Dichtsitz (6.4) gedrückt wird.

12. Piezosteuerventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilsitz (3.2) des mit dem Ventilkolben (6.1, 6.1.6), zusammenwirkenden Ventilkörpers (3.1) unter Bildung eines Spaltes (3.4) zwischen denselben am Gehäuse (1) im Bereich des Fluidkanals (1.5) ausgebildet ist, wobei bei erregtem Piezostellglied (4) der Ventilkörper (3.1) den Spalt (3.4) schließt und die Verbindung zwischen dem Rücklauf-Fluidkanal (1.7) und dem Fluidkanal (1.5) zum Druckaufbau in demselben unterbricht (Fig. 4).

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Piezosteuerventil nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 oder des Anspruches 7.

Es ist bereits ein gattungsgemäßes Piezosteuerventil zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzung über ein Einspritzventil bekannt (US-PS 35 01 099, Fig. 5). Da der Arbeitshub einer Piezokeramiksäule bei vertretbarer Baulänge physikalisch bedingt relativ klein ist, weist dieses Steuerventil zur Vergrößerung des Ventilhubes eine Hubübersetzung auf, welche dadurch gebildet ist, daß ein von dem Piezostellglied bewegbarer Stößelzylinder über ein in einer Kammer befindliches Fluid mit einem Ventilkolben des Ventils zusammenwirkt, wobei die Stirnfläche des Ventilkolbens kleiner ausgebildet ist als die Stirnfläche des Stößelzylinders.

Auf Grund der rauen Umgebung in welcher die Piezosteuerventile eingesetzt werden, können ferner hydraulische Kräfte, Temperaturänderungen sowie Depolarisierungsvorgänge, Längenänderungen der Piezokeramiksäule bewirken, wobei jedoch der Arbeitshub voll erhalten bleibt.

Hieraus ist ersichtlich, daß zum einen bei einem solch relativ kleinen Arbeitshub die Steuerventilanordnung sehr empfindlich auf ein Setzverhalten der Piezokeramik reagiert und zum anderen am Steuerventil der Ventilspalt exakt maßhaltig ausgebildet werden muß, um bei gegebenem Arbeitshub den Spalt zu schließen bzw. zu öffnen.

So ist hinsichtlich eines Spielausgleiches ein Ventiltrieb zur Steuerung von Brennkraftmaschinen bekannt (DE-OS 34 18 707), bei welchem im Kraftfluß zwischen einem Nocken einer Nockenwelle und einem Ventilkolben eines Gaswechselventils ein hydraulisches Spielausgleichselement angeordnet ist, um so sicherzustellen, daß aufgrund von Abnutzungerscheinungen am Nocken und/oder am mit diesem zusammenwirkenden Tas senstössel auftretendes Spiel stets ausgeglichen wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes, mit einer Hubübersetzung versehenes Piezosteuerventil unter Beibehaltung des Arbeitshubes so auszubilden,

daß auch eventuell eingetretene Längenänderungen in dem das Bezugssystem bildenden Piezostellglied in Bezug auf die Erhaltung eines konstanten Ventilhubes automatisch ausgeglichen werden.

5 Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 oder des Anspruches 7 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche den Erfindungsgegenstand in vorteilhafter Weise weiterbilden.

10 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein in einer Pumpe-Düse-Einheit einer Einspritzeinrichtung angeordnetes Piezosteuerventil und

15 Fig. 2 in vergrößerter Darstellung das Piezosteuerventil gemäß der Einzelheit "II" in Fig. 1;

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes und

20 Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, gelangt von einer Kraftstoffversorgung Kraftstoff durch eine Bohrung 1.1 im Gehäuse 1 in einen Raum 1.2. Durch eine nicht dargestellte Betätigungsseinrichtung kann ein Pumpenkolben

25 2 in Richtung 2.1 bewegt werden. Hierbei wird Kraftstoff durch einen Gehäusekanal 1.3 in einen Düsenraum 1.4 und weiter durch einen Fluidkanal 1.5 in einen Raum 1.6 des Gehäuses 1 gefördert und von dort über ein Ventil 3 zurück in den Rücklauf-Fluidkanal 1.7. In axialer Verlängerung des Raumes 1.6 weist das Gehäuse 1 einen Fortsatz 1.8 auf, in welchem ein Piezostellglied 4 angeordnet und welches über elektrische Anschlüsse 4.1 mit einem nicht dargestellten Impulsgeber verbunden ist. Ferner ist im Gehäuse 1 in axialer Verlängerung der Bohrung 1.1 eine in den Düsenraum 1.4 ragende Düsenadel 10 axial beweglich angeordnet, welche unter der Wirkung einer Feder 10.1 über ihren Dichtsitz eine vom Düsenraum 1.4 in den Brennraum führende Einspritzbohrung 1.9 im Gehäuse 1 abdichtet.

30 40 In dem Raum 1.6 des Gehäuses 1 ist des weiteren eine Führungshülse 5 fest eingesetzt welche zum einen als Widerlager für den federbelasteten Ventilkörper 3.1 und zum anderen zur Aufnahme und Führung eines Spielausgleichselementes 6 und eines Ventilkolbens 6.1 dient. In der Führungshülse 5 sind des weiteren Kanäle 5.3 vorgesehen, so daß der Kraftstoff vom Fluidkanal 1.5 in den Raum 1.6 und über die Kanäle 5.3 in den Rücklauf-Fluidkanal 1.7 strömen kann.

45 50 Die Einzelheit II in Fig. 1 ist in Fig. 2 vergrößert dargestellt und wird nun im folgenden näher beschrieben. Die in den Raum 1.6 des Gehäuses 1 fest eingesetzte Führungshülse 5 weist an ihrem unteren Ende einen Bund 5.1 auf, welcher als Widerlager 5.5 für den durch die Feder 3.3 belasteten Ventilkörper 3.1 dient. Im Bereich des Ventilkörpers 3.1 weist das Gehäuse 1 einen Ventilsitz 3.2 auf, wobei zwischen diesem und dem Ventilkörper 3.1 ein Spalt 3.4 ausgebildet ist, durch welchen der Kraftstoff über die Kanäle 5.3 in den Rücklauf-Fluidkanal 1.7 strömen kann.

55 60 Das Spielausgleichselement 6 weist einen Stößelzylinder 6.2 mit einer Bohrung 6.2.1 und einer sich an diese anschließenden Bohrung 6.2.2 geringeren Durchmessers auf, wobei der Stößelzylinder 6.2 wiederum in einer Bohrung 5.2 und der Ventilkolben 6.1 in einer Bohrung 5.4 wesentlich geringeren Durchmessers – welche sich in axialer Richtung an die Bohrung 5.2 anschließt – der Führungshülse 5 in axialer Richtung beweglich geführt sind. Der Ventilkolben 6.1 liegt hierbei mit seinem unte

ren Ende auf dem Ventilkörper 3.1 auf, während der Stößelzylinder 6.2 mit seinem oberen Ende an der Stirnfläche 4.2.1 des Stößels 4.2 des Piezostellgliedes 4 unter der Wirkung der Kraft einer Druckfeder 7 auf Anlage liegt, welche sich einerseits am Boden der Bohrung 5.2 der Führungshülse 5 und andererseits über einen Federkorb 8.1 am unteren Ende des Stößelzylinders 6.2 abstützt. Sowohl die Druckfeder 7 als auch der Federkorb 8.1 sind hierbei in einer Kammer 6.3 angeordnet, welche durch das untere Ende des Stößelzylinders 6.2 und den unteren Teil der Bohrung 5.2 sowie der Stirnfläche des Ventilkolbens 6.1 gebildet wird. Innerhalb des Federkorbes 8.1 ist eine weitere Druckfeder 8.2 angeordnet, welche eine Ventilkugel 9 gegen einen an der Bohrung 6.2.2 des Stößelzylinders 6.2 ausgeformten Dichtsitz 6.4 drückt. Die Druckfeder 8 weist jedoch gegenüber der Druckfeder 7 eine wesentlich weichere Federcharakteristik auf.

Des weiteren ist zwischen dem Außendurchmesser des Stößelzylinders 6.2 und dem Innendurchmesser der Bohrung 5.2 der Führungshülse 5 ein von der Kammer 6.3 bis zu einer Bohrung 6.2.3 im Stößelzylinder 6.2 verlaufender sehr enger Spalt 6.5 vorhanden, über welchen die mit dem Kraftstoff gefüllte Kammer 6.3 mit der durch die Bohrung 6.2.1 und die Stirnfläche 4.2.1 des Stößels 4.2 gebildeten und ebenfalls mit dem Kraftstoff gefüllten Kammer 6.6 in Verbindung steht, wobei der Kraftstoff über an der Stirnfläche 4.2.1 am Stößel 4.2 eingeförmte Nuten 4.2.2 in die Kammer 6.6 gelangen kann.

Die Wirkungsweise des Piezosteuervents ist nun folgende: Das Piezostellglied 4 mit seinem Stößel 4.2 befindet sich in der gezeigten Position in Ruhestellung, so daß beim Betätigen des Pumpenkolbens 2 der Kraftstoff vom Fluidkanal 1.5 durch den Spalt 3.4 am Ventil 3 und die Kanäle 5.3 in der Führungshülse 5 in den Fluid-Rücklaufkanal 1.7 strömen kann. Wird nun das extendierend arbeitende Piezostellglied 4 durch einen Impuls erregt, bewegt sich dessen Stößel 4.2 in ca. 50  $\mu$ s um etwa 50  $\mu$ m in Richtung 4.3. Durch diese Bewegung wird auch der Stößelzylinder 6.2 und über die kraftstoffgefüllte Kammer 6.3 des weiteren der Ventilkolben 6.1 und von diesem der Ventilkörper 3.1 in der Richtung 4.3 axial verschoben, wodurch der Ventilkörper 3.1 am Ventilsitz 3.2 zur Anlage kommt und den Spalt 3.4 schließt, so daß die Kraftstoffströmung unterbrochen wird. Während der weiteren Bewegung des Pumpenkolbens 2 in Richtung 2.1 steigt nun der Druck im Fluidkanal 1.5 und Düsenraum 1.4 an und somit auch der auf die Düsenadel 10 wirkende Druck. Deren Feder 10.1 ist so ausgelegt, daß die Düsenadel 10 bei einem beliebig eingestellten Mindestdruck — bspw. von 300 bar — von der Einspritzbohrung 1.9 abhebt, wodurch Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird, wobei während des Einspritzvorganges der Druck bis auf ca. 2000 bar ansteigt. Während wie vorstehend beschrieben, der Stößel 4.2 und auch der Stößelzylinder 6.2 nur um den Arbeitshub (50  $\mu$ m) des Piezostellgliedes 4 bewegt werden, wird der Ventilkolben 6.1 ersichtlich um einen größeren Hub bewegt, nämlich um den Arbeitshub multipliziert mit einem Faktor, welcher dem Quotienten aus der Stirnfläche 6.2.4 des Stößelzylinders 6.2 und der Stirnfläche 6.1.1 des Ventilkolbens 6.1 entspricht. Durch diese hydraulische Hubübersetzung ergibt sich also eine Vergrößerung des Hubes des Ventilkörpers 3.1, wodurch man entsprechend größere Strömungsquerschnitte am Ventilspalt 3.4 erhält. Des weiteren ist von Vorteil, daß außer dem Stößelzylinder 6.2 nur noch der Ventilkolben

6.1 mit einer vergleichsweise geringen Masse beschleunigt werden muß.

Wird nun das Piezostellglied 4 durch Wegfall des Impulses wieder entregt, so bewegt sich der Stößel 4.2 innerhalb von 50  $\mu$ s wieder in seine Ruhelage zurück, wobei die Zeitdauer eines Arbeitsspiels, also zwischen zwei Erregerimpulsen, systembedingt max. 0,5 ms, hingegen die Stellzeit des Piezostellgliedes, also die Schließ- und Öffnungsduauer, in etwa 0,1 ms beträgt.

10 Durch die Kraft der Ventilfeder 3.3 und den noch über den Fluidkanal 1.5 auf den Ventilkörper 3.1 wirkenden Druck wird hierbei auch der Ventilkörper 3.1 und von diesem über den Ventilkolben 6.1 und das Kraftstoffpolster in der Kammer 6.3 und der Rückstellkraft der Druckfeder 7 auch der Stößelzylinder 6.2 wieder nach oben bewegt und es wird der Spalt 3.4 wieder freigegeben, so daß der Druck wieder auf den Systemdruck zusammenbricht und erst nach beendetem Förderhub des Pumpenkolbens 2 das System drucklos wird.

Entspricht nun die eingenommene Ruhelage des Stößels 4.2 nicht mehr der vorherigen Ausgangslage, weil sich beispielsweise auf Grund von piezokeramischen Setzvorgängen — welche auch "elastisch" sein können — die Länge der Piezokeramik verkürzt hat und somit die für den Stößelzylinder 6.2 als Anlage dienende Stirnfläche 4.2.1 des Stößels 4.2 in ihrer jetzigen Ruhelage oberhalb ihrer Ausgangslage liegt, so wird der Stößelzylinder 6.2 durch die Wirkung der Druckfeder 7 so weit in axialer Richtung nach oben nachgeführt, bis er an der Stirnfläche 4.2.1 wieder zur Anlage kommt. Während dieses Nachführvorganges vergrößert sich aber auch das Volumen in der Kammer 6.3, so daß in dieser Unterdruck entsteht, auf Grund dessen die Ventilkugel 9 entgegen der Kraft der Druckfeder 8 von ihrem Dichtsitz 6.4 abhebt. In Folge wird Kraftstoff aus der Kammer 6.6 durch die Bohrung 6.2.2 in die Kammer 6.3 angesaugt, bis die nunmehr vergrößerte Kammer 6.3 wieder mit Kraftstoff gefüllt ist; bei erfolgtem Druckausgleich zwischen den beiden Kammern schließt die Ventilkugel 9 unter der Kraft der Feder 8 wieder. Für einen erneuten Einspritzvorgang liegen somit wieder eindeutig definierte Verhältnisse vor.

Entspricht die eingenommene Ruhelage des Stößels 4.2 nicht mehr der vorausgegangenen Ausgangslage, weil sich beispielsweise auf Grund von Veränderungen in der Piezokeramik die Länge derselben verlängert hat und somit die für den Stößelzylinder 6.2 als Anlage dienende Stirnfläche 4.2.1 des Stößels 4.2 in ihrer jetzigen Ruhelage unterhalb ihrer Ausgangslage liegt; so herrscht in der Kammer 6.3 noch ein Überdruck, welcher dadurch hervorgerufen ist, als der Stößelzylinder 6.2 und der Ventilkolben 6.1 noch unter der Wirkung der Kraft der Ventilfeder 3.3 und dem über den Fluidkanal 1.5 auf den Ventilkörper 3.1 wirkenden Druck zwischen dem Stößel 4.2 einerseits und dem Ventilkörper 3.1 andererseits eingespannt sind. Dieser Überdruck kann sich nun über den Spalt 6.5 bis zum Druckausgleich abbauen, welcher dann vorliegt, wenn der Ventilkörper 3.1 am Widerlager 5.5 auf Anlage liegt. Es ist ersichtlich, daß der Ringspalt 6.5 so dimensioniert sein muß, daß ein Überdruck maximal innerhalb der Differenzzeit — Arbeitsspielzeitdauer minus Stellzeit — abgebaut werden kann. Also auch bei einer Verlängerung der Piezokeramik liegen für einen erneuten Einspritzvorgang wieder eindeutig definierte Verhältnisse vor.

Das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem nach den Fig. 1 und 2 insbesondere dadurch, daß zum einen das Piezostellglied 4 mit

seinem Stöbel 4.2 und der Ventilkolben 6.1 mit dem Ventilkörper 3.1 zueinander inverse Bewegungen 4.3, 4.4 ausführen und zum anderen das Piezosteuerventil in einem Niederdruckkreis angeordnet ist.

Die in den Raum 1.6 des Gehäuses 1 fest eingesetzte Führungshülse 5 weist eine Stufenbohrung 5.2, 5.4 auf, in welche das Spielausgleichselement 6 eingesetzt ist. Am oberen Ende ist die Bohrung 5.2 durch eine Druckplatte 6.2.5 mit an vulkanisiertem Dichtelement 6.2.6 verschlossen, wobei die Druckplatte 6.2.5 an der Stirnfläche 4.2.1 des Stöbels 4.2 auf Anlage liegt. Im Bereich des Ventilkörpers 3.1 weist das Gehäuse 1 einen Ventilsitz 3.2 auf, wobei sich zwischen diesem und dem Ventilkörper 3.1 ein Spalt 3.4 bilden kann, durch welchen Kraftstoff aus dem Raum 1.6 über die Einspritzbohrung 1.9 in den Brennraum bzw. das Saugrohr strömen kann.

Das Spielausgleichselement 6 weist einen Stöbelzylinder 6.2 mit einer Bohrung 6.2.1 und die Druckplatte 6.2.5 sowie einen Ventilkolben 6.1 mit dem Ventilkörper 3.1 auf. Der Stöbelzylinder 6.2 ist in der Bohrung 5.2 der Führungshülse 5 axial beweglich geführt. In seiner Bohrung 6.2.1 wiederum und in der Bohrung 5.4 der Führungshülse 5 ist der Ventilkolben 6.1 axial beweglich geführt, welcher an seinem unteren Ende über ein an vulkanisiertes Dichtelement 6.1.2 mit der Führungshülse 5 verbunden ist. Der Ventilkolben 6.1 liegt hierbei mit dem Ventilkörper 3.1 auf dem Ventilsitz 3.2 auf und der Stöbelzylinder 6.2 liegt mit seiner Druckplatte 6.2.5 an der Stirnfläche 4.2.1 an und zwar auf Grund einer als Druckfeder ausgebildeten Ventilfeder 3.3, welche sich einerseits am Boden 6.2.1.1 der Bohrung 6.2.1 des Stöbelzylinders 6.2 und andererseits an der oberen Stirnseite 6.1.3 des Ventilkolbens 6.1 abstützt. Ersichtlich ist hierbei die Ventilfeder 3.3 in einer durch die Bohrung 6.2.1 und deren Boden und die Stirnfläche 6.1.3 des Ventilkolbens 6.1 gebildeten Kammer 6.6 angeordnet, welche mit Öl gefüllt ist. In einer in die Stirnfläche des Ventilkolbens 6.1, 6.1.3 eingebrachte Bohrung 6.1.4 sind ferner eine Druckfeder 8 und eine Ventilkugel 9 sowie eine Verschlußhülse 6.7 angeordnet und zwar derart, daß die mit der Kammer 6.6 bildende Bohrung 6.7.1 der Verschlußhülse 6.7 von der mit dem Dichtsitz 6.4 der Verschlußhülse 6.7 zusammenwirkenden Ventilkugel 9 verschlossen wird.

Die Länge des Stöbelzylinders 6.2 ist so bemessen, daß seine kreisringförmige Stirnfläche 6.2.4 noch einen bestimmten axialen Abstand von der im Übergangsreich von der Bohrung 5.2 in die Bohrung 5.4 gebildeten Stufe hat. Ferner ist der Ventilkolben 6.1 so ausgebildet, daß sein in der Bohrung 5.4 geführter Teil einen kleinen Durchmesser aufweist als sein in der Bohrung 6.2.1 geführter Teil, so daß eine kreisringförmige Bundfläche 6.1.1 gebildet ist, welche wiederum in Ruhelage der Anordnung oberhalb der Stirnfläche 6.2.4 zur Lage kommt. Im Bereich der Bundfläche 6.1.1 ist der Ventilkolben 6.1 mit Querbohrungen 6.1.5 versehen, so daß insgesamt zwischen der Ventilkugel 9 und der Führungshülse 5 eine Kammer 6.3 gebildet ist, welche ebenfalls mit Öl gefüllt ist und bei vom Dichtsitz 6.4 abgehobener Ventilkugel 9 mit der Kammer 6.6 in Verbindung steht.

Des weiteren ist zwischen dem Außendurchmesser des Ventilkolbens 6.1 und dem Innendurchmesser der Bohrung 6.2.1 des Stöbelzylinders 6.2 ein von der Kammer 6.3 bis zur Kammer 6.6 verlaufender und die beiden Kammern verbindender enger Spalt 6.5 ausgebildet.

Ein weiterer Spalt 6.5 ist zum einen noch zwischen dem Stöbelzylinder 6.2 und der Bohrung 5.2 der Führungshülse 5 – welcher die Kammer 6.3 mit einer Teil-

kammer 6.6.1 der Kammer 6.6 verbindet – und zum anderen noch zwischen dem Ventilkolben 6.1 und der Bohrung 5.4 der Führungshülse 5 – welcher die Kammer 6.3 mit einer Teilkammer 6.6.2 der Kammer 6.6 verbindet – vorgesehen, wobei die beiden Teilkammern 6.6.1 und 6.6.2 durch in der Führungshülse 5 ausgebildete Kanäle 5.3 miteinander verbunden und ebenfalls mit Öl gefüllt sind.

Die Wirkungsweise des Piezosteuerventils ist nun folgende:

Das Piezostellglied 4 mit seinem Stöbel 4.2 befindet sich in der gezeigten Position in Ruhestellung, so daß der von einer Kraftstoffpumpe geförderte Kraftstoff über den Fluidkanal 1.5 den Raum 1.6 füllen und in den Fluid-Rücklaufkanal 1.7 strömen kann. Wird nun das extendierend arbeitende Piezostellglied 4 durch einen Impuls erregt, bewegt sich dessen Stöbel 4.2 in ca. 50  $\mu$ s um etwa 50  $\mu$ m in Richtung 4.3. Durch diese Bewegung wird auch der Stöbelzylinder 6.2 und durch das in der Kammer 6.3 befindliche Öl des weiteren der Ventilkolben 6.1 und mit diesem der Ventilkörper 3.1 in der zur Richtung 4.3 inversen Richtung 4.4 axial verschoben, wodurch der Ventilkörper 3.1 am Ventilsitz 3.2 abhebt und den Spalt 3.4 öffnet, so daß der Kraftstoff über die Einspritzbohrung 1.9 in das Saugrohr bzw. den Brennraum gefördert wird.

Während wie vorstehend beschrieben der Stöbel 4.2 und auch der Stöbelzylinder 6.2 nur um den Arbeitshub (50  $\mu$ m) des Piezostellgliedes 4 bewegt werden, wird der Ventilkolben 6.1 ersichtlich um einen größeren Hub bewegt, nämlich um den Arbeitshub multipliziert mit einem Faktor, welcher dem Quotienten aus der kreisringförmigen Stirnfläche 6.2.4 des Stöbelzylinders 6.2 und der kreisringförmigen Bundfläche 6.1.1 des Ventilkolbens 6.1 entspricht. Durch diese hydraulische Hubübersetzung und konstruktionsbedingte Bewegungsumkehrung ergibt sich also eine Vergrößerung des Hubes des Ventilkörpers 3.1, wodurch man entsprechend größere Strömungsquerschnitte am Ventilspalt 3.4 erhält.

Wird nun das Piezostellglied 4 durch Wegfall des Impulses wieder entregt, so bewegt sich der Stöbel 4.2 innerhalb von 50  $\mu$ s wieder in seine Ruhelage zurück. Durch die Kraft der Ventilfeder 3.3 wird hierbei auch der Ventilkörper 3.1 und der Ventilkolben 6.1 in Richtung 4.3 und über das Ölpolster in der Kammer 6.3 und der Rückstellkraft der Ventilfeder 3.3 auch der Stöbelzylinder 6.2 in Richtung 4.4 bewegt, so daß der Spalt 3.4 wieder geschlossen und der Kraftstoff in den Rücklaufkanal 1.7 gefördert wird.

Entspricht nun die eingenommene Ruhelage des Stöbels 4.2 nicht mehr der vorherigen Ausgangslage, weil sich beispielsweise auf Grund von piezokeramischen Setzvorgängen – welche auch "elastisch" sein können – die Länge der Piezokeramik verkürzt hat und somit die für den Stöbelzylinder 6.2 als Anlage dienende Stirnfläche 4.2.1 des Stöbels 4.2 in ihrer jetzigen Ruhelage oberhalb ihrer Ausgangslage liegt, so wird der Stöbelzylinder 6.2 durch die Wirkung der Druckfeder 3.3 so weit in axialer Richtung 4.4 nach oben nachgeführt, bis er an der Stirnfläche 4.2.1 wieder zur Anlage kommt. Während dieses Nachführvorganges vergrößert sich aber auch das Volumen in der Kammer 6.3, so daß in dieser Unterdruck entsteht, auf Grund dessen die Ventilkugel 9 entgegen der Kraft der Druckfeder 8 von ihrem Dichtsitz 6.4 abhebt. In Folge wird Öl aus der Kammer 6.6 durch die Bohrung 6.7.1 in die Kammer 6.3 angesaugt, bis die nunmehr vergrößerte Kammer 6.3 wieder mit Öl gefüllt ist; bei erfolgtem Druckausgleich zwischen den

beiden Kammern schließt die Ventilkugel 9 unter der Kraft der Feder 8 wieder. Für einen erneuten Einspritzvorgang liegen somit wieder eindeutig definierte Verhältnisse vor.

Entspricht die eingenommene Ruhelage des Stößels 5 4.2 nicht mehr der vorausgegangenen Ausgangslage, weil sich beispielsweise auf Grund von Veränderungen in der Piezokeramik die Länge derselben verlängert hat und somit die für den Stößelzylinder 6.2 als Anlage dienende Stirnfläche 4.2:1 des Stößels 4.2 in ihrer jetzigen 10 Ruhelage unterhalb ihrer Ausgangslage liegt, so herrscht in der Kammer 6.3 noch ein Überdruck, welcher dadurch hervorgerufen ist, als der Stößelzylinder 6.2 und der Ventilkolben 6.1 mit dem Ventilkörper 3.1 noch unter der Wirkung der Kraft der Ventilfeder 3.3 15 zwischen dem Stößel 4.2 einerseits und dem Ventilsitz 3.2 andererseits eingespannt sind. Dieser Überdruck kann sich nun über die Spalte 6.5 bis zum Druckausgleich abbauen, welcher dann vorliegt, wenn die Druckverhältnisse in den Kammern 6.3, 6.6, 6.6.1 und 6.6.2 20 ausgeglichen sind.

Es ist ersichtlich, daß die Ringspalte 6.5 so dimensioniert sein müssen, daß ein Überdruck (dieser Zustand ist relativ unkritisch, da er über die Dichtelemente 6.1.2 und 6.2.6 gedämpft und kompensiert wird) abgebaut 25 werden kann. Also auch bei einer Verlängerung der Piezokeramik liegen für einen erneuten Einspritzvorgang wieder eindeutig definierte Verhältnisse vor.

Das in Fig. 4 dargestellte Piezosteuerventil entspricht weitestgehend dem nach Fig. 3 und ist lediglich im Ventilbereich anders ausgebildet, wobei das Piezosteuerventil wiederum — wie in den Fig. 1 und 2 — im Hochdruckkreis angeordnet ist.

Im Bereich des Fluidkanals 1.5, welcher in den Raum 1.6 mündet, weist das Gehäuse 1 einen Ventilsitz 3.2 auf, 35 wobei zwischen diesem und dem Ventilkörper 3.1 ein Spalt 3.4 gebildet ist, durch welchen Kraftstoff aus dem Fluidkanal 1.5 in den Rücklauf-Fluidkanal 1.7 strömen kann. In Ruhelage des Piezosteuervents, in welcher der Ventilkolben 6.1 über einen Anschlag 6.1.7 in der Bohrung 5.2 der Führungshülse 5 auf Anlage liegt, ist hierbei der Spalt 3.4 geöffnet, da ein Schaft 6.1.6 des Ventilkolbens 6.1 den Ventilkörper 3.1 vom Ventilsitz 3.2 abhebt. Wird hingegen das Piezostellglied erregt, so bewegt sich 40 der Ventilkolben 6.1 in der Richtung 4.4 nach oben, so daß aufgrund des Druckes in dem Fluidkanal 1.5 der Ventilkörper 3.1 gegen den Ventilsitz 3.2 gedrückt wird, den Spalt 3.4 verschließt und die Verbindung zwischen dem Rücklauf-Fluidkanal 1.7 und dem Fluidkanal 1.5 45 zum Druckaufbau in demselben unterbricht.

40

50

55

60

65

3742241

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmelddetag:  
Offenlegungstag:

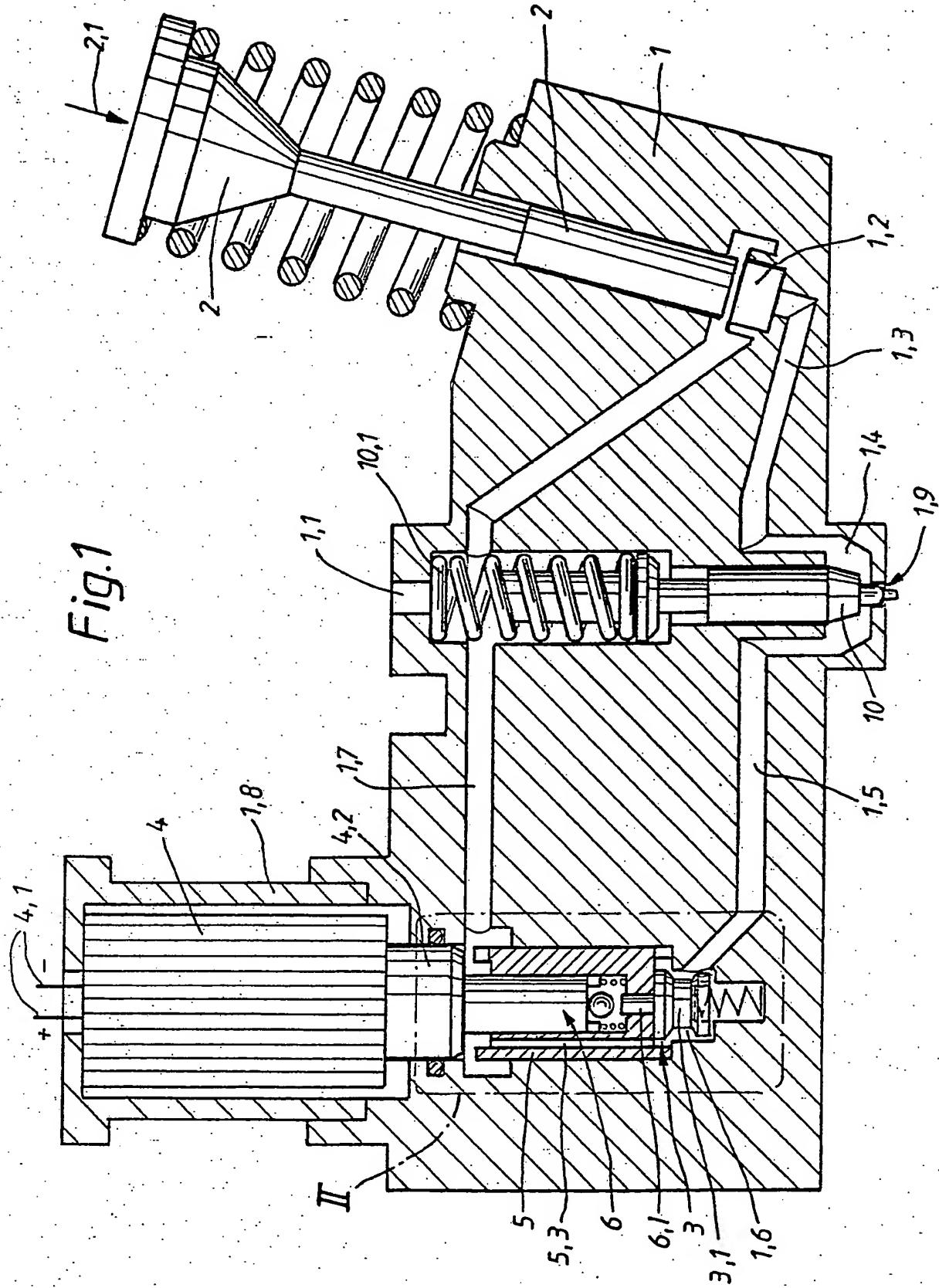
**37 42 241**  
**F 02. M 51/06**  
**12. Dezember**  
**25. August 198**

12. Dezember

25. August 198

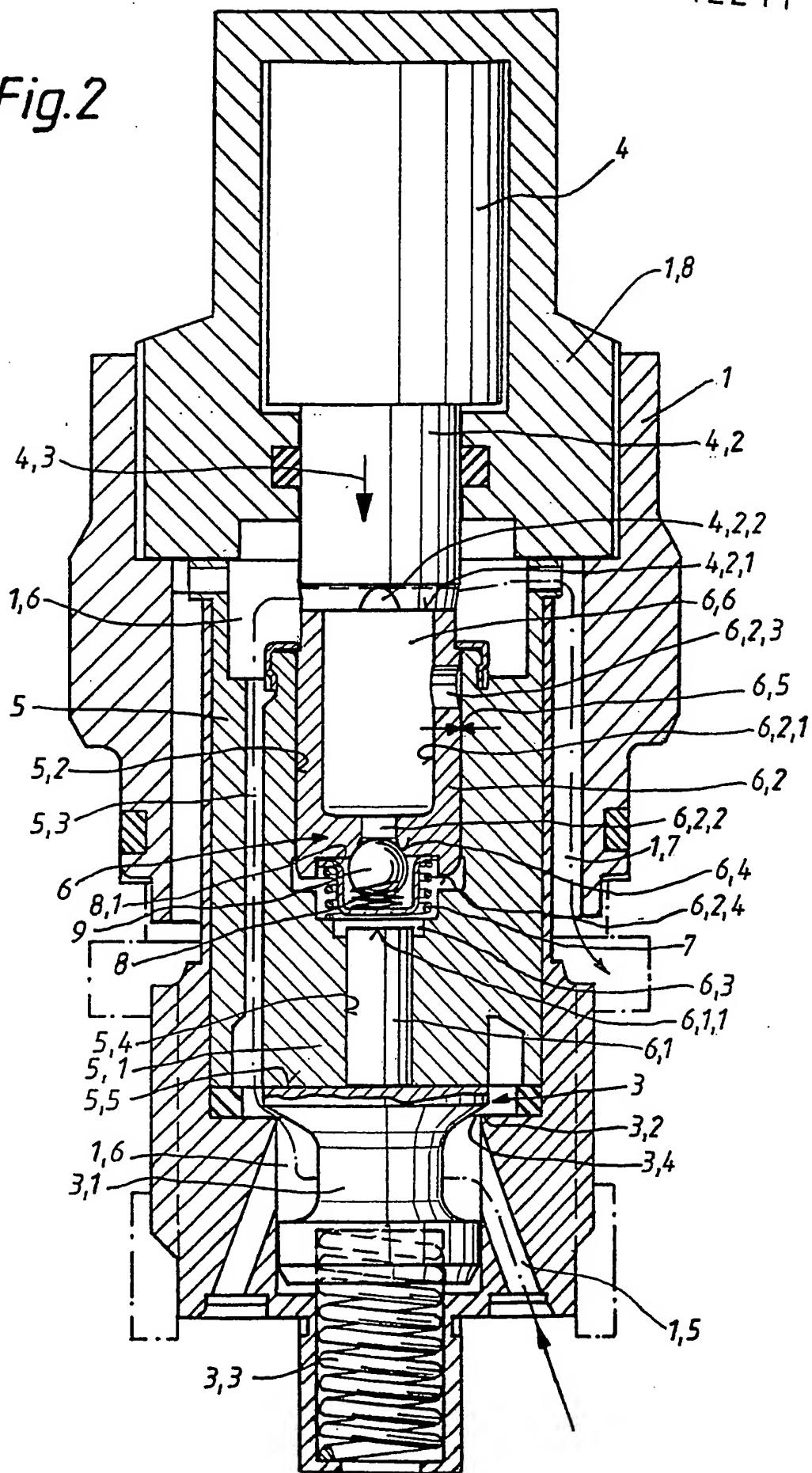
THE BOSTONIAN

2.1



3742241

Fig. 2



3742241

Fig. 3

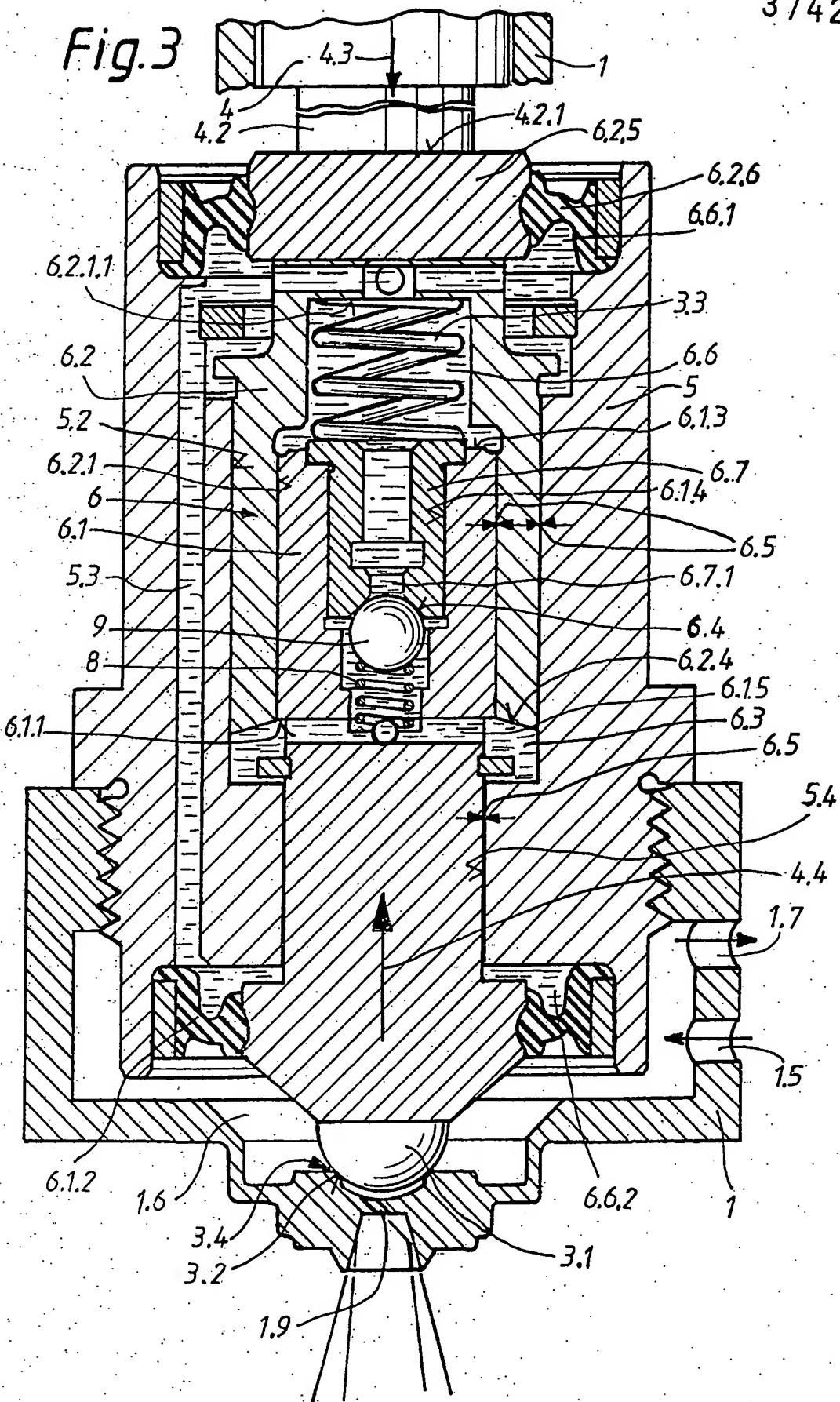
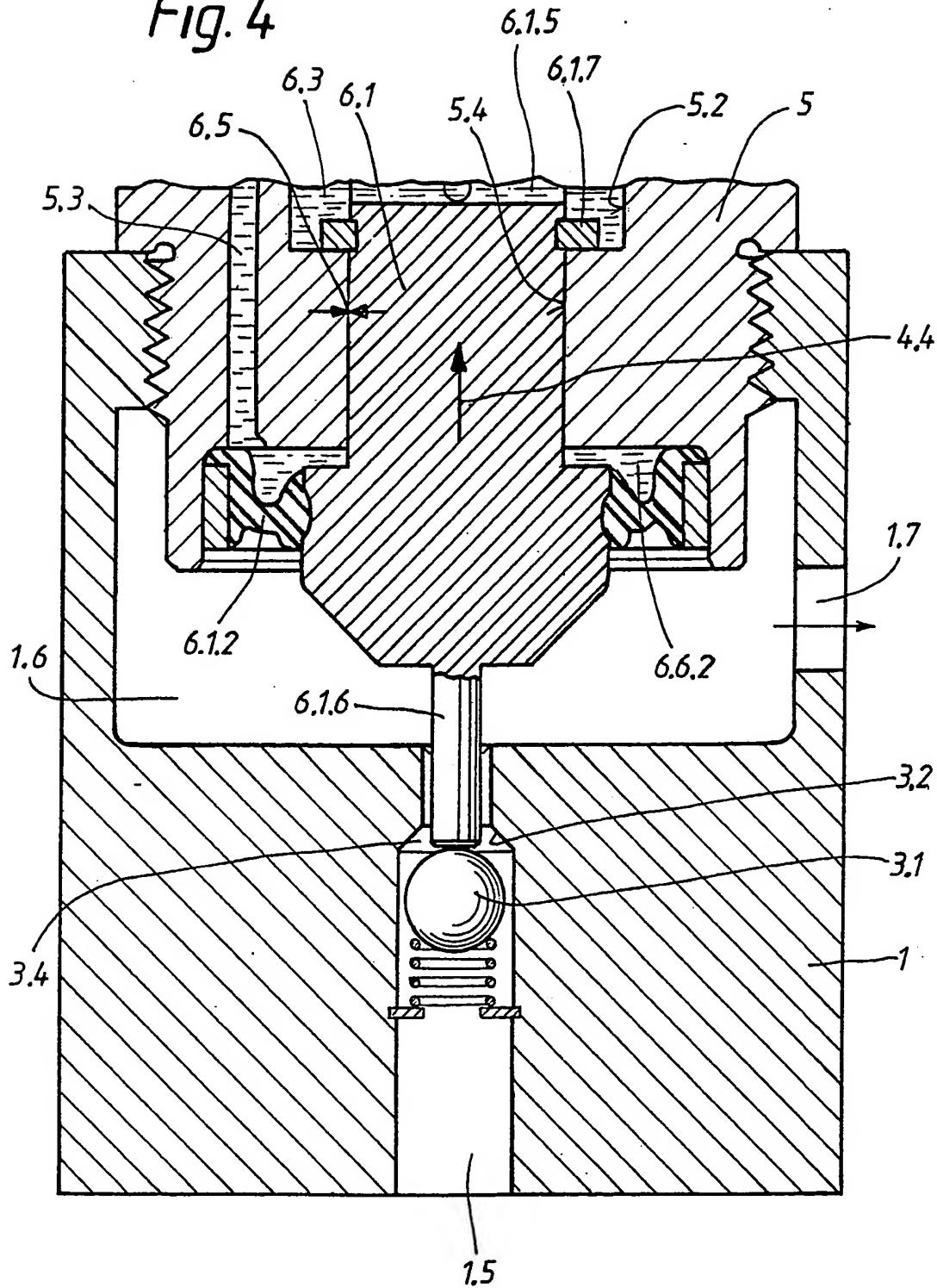


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**